УДК 004.93

Є.О. Шевченко, А.В. Агарков
Інститут проблем штучного інтелекту МОН і НАН України, Україна
пр. Академіка Глушкова, 40, м. Київ, 03680

ВИДІЛЕННЯ КОНТУРІВ ОБ'ЄКТІВ В ВІДЕОПОТОЦІ ЗА ДОПОМОГОЮ АДАПТИВНОГО АЛГОРИТМУ КЕННІ

E.O. Shevchenko, A.V. Agarkov
Institute of artificial intelligence problems of MES and NAS of Ukraine, Ukraine
40, Academician Hlushkov av., Kyiv, 03680

SELECTING CONTOURS OF OBJECTS IN THE VIDEO STREAM USING THE ADAPTIVE CANNY ALGORITHM

Розроблено модифікований алгоритм виділення контурів у режимі реального часу на основі класичного алгоритму Кенні. Запропонований підхід дозволяє отримувати чітко виділені контури без розмиття. Алгоритм має високу стійкість до імпульсних шумів. Об'єктом дослідження є методи і засоби виявлення об'єктів інтересу в режимі реального часу. Зроблено аналіз цих методів, виявлені недоліки.

Ключові слова: контур, зображення, розпізнавання образів, контурний аналіз

A modified algorithm for selecting contours in real-time mode based on the classical Canny algorithm is developed. The proposed approach allows you to receive clearly distinguished contours without blurring. The algorithm has high resistance to pulse noise. The object of research is the methods and means of identifying objects of interest in real time. An analysis of these methods has been made, deficiencies have been identified.

Keywords: contour, image, pattern recognition, contour analysis

Вступ

Завдання побудови систем автоматичного розпізнавання об'єктів у режимі реального часу на сьогоднішній день привертає увагу багатьох дослідників. У цьому напрямку ними розроблено велику кількість математичних і алгоритмічних методів, які дозволяють розбити цю задачу на підзадачі і розв’язувати їх окремо. При розв’язанні деяких задач обробки зображень у ролі перешкод можуть виступати ті чи інші компоненти самого зображення. З точки зору цього завдання, окремі деталі зображення всередині поділюваних областей є перешкодою. Щоб прибрати шум і зайві деталі з зображення, а також виділити контури об’єкта на зображенні, використовують різні фільтри.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Якість розпізнавання довільних об'єктів безпосередньо залежить від складності кольору фону. Особливо це характерно для задачі розпізнавання об'єктів у природних умовах (ліс, трава і т.д.), тому що найчастіше колір збігається (або близький) з кольором фону або його окремими елементами. Зазвичай, щоб прибрати шум і зайві деталі, виділяють контури об'єкта в кадрі. Для цього використовують різні контурні алгоритми, наприклад, класичний алгоритм Кенні [1].

Класичний алгоритм Кенні (рис. 1) спочатку згладжує зображення для зменшення шуму. Потім знаходить градієнт зображення в кожній точці для виділення областей з найбільшою величиною просторової похідної. Далі алгоритм проходить по цих областях і глушить пікселі з не максимальним значенням градієнта. Масив градієнтів далі скорочується процедурою гістерезису, що використовується для обробки пікселей, які не були приглушені. Процедура гістерезису використовує два

пороги. Якщо величина градієнта менша за перший, то піксель установлюється в нуль (не контур). Якщо величина градієнта більша другого порога, то піксель установлюється в максимальне значення (робиться контуром). Якщо величина лежить між двома порогами, то піксель не встановлюється в нуль, поки не знайдений шлях від даного пікселя до пікселя з величиною градієнта більшою за другий поріг.

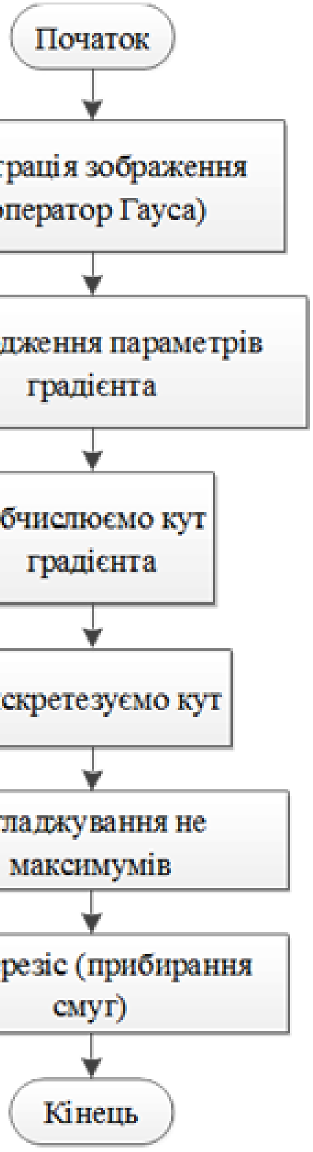


Рис. 1. Класичний алгоритм Кенні

На другому кроці класичного алгоритму Кенні відбувається пошук градієнта інтенсивності зображення. Контур у зображенні може вказувати на різні напрямки, тому алгоритм Кенні використовує маску псевдо-згортки (рис. 2) для виявлення меж у розмитому зображенні. Дослідження операторів Прюітт [2], Собеля [3], Фрея-Чена [4], Щарра [5] свідчать, що відбувається посилення карти контурів, залежно від значення центрального коефіцієнта маски. Для Прюітт – 1, для Фрея-Чена – $\sqrt{2}$, для Собеля – 2, Щарра – 10. Чим більший коефіцієнт, тим сильніше виділяється межа. Однак, разом з виділенням меж – виділяються і шуми (помилкові контури об'єкта). Ці маски розроблені з таким розрахунком, щоб вони максимально відповідали кутам,

пробігаючи по зображенню вертикально й горизонтально відносно піксельної сітки. Маски можуть застосовуватися окремо для вхідного зображення, щоб обчислювати відповідно компоненти градієнта по кожному напрямку (*Gx* і *Gy*).

P_1	P_2	P_3
P_4	P_5	P_6
P_7	P_8	P_9

Рис. 2. Маска псевдо-згортки, яка використовується для швидкого обчислення наближеного значення градієнта

Використовуючи цю маску, компоненти градієнта (*Gx* і *Gy*) дорівнюють:

$$G_x = (P_7 + P_8 + P_9) - (P_1 + P_2 + P_3)$$
$$G_y = (P_1 + P_2 + P_3) - (P_7 + P_8 + P_9)$$

Оператор виявлення меж повертає значення для першої комбінації в горизонтальному напрямку (Gx) і в вертикальному напрямку (Gy). Звідси можна визначити граничний градієнт і напрямок:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

Постановка проблеми

Завдання виділення контуру кордонів є частиною завдання детектування і трекінгу об'єктів у режимі реального часу.

Мета даної роботи: дослідити ефективні методи виділення контурів об'єктів інтересу в режимі реального часу і поліпшити якість виділення контурів рухомих об'єктів.

У роботі проводиться дослідження і удосконалення існуючих контурних методів для виділення об'єктів у відеопотоці.

Виклад основного матеріалу

Для вирішення цього завдання у даній роботі пропонується використовувати модифікований алгоритм виділення контурів Кенні. Адаптація відбувається на основі аналізу інформації про значення енергії градієнта. Проводиться перетворення / збільшення значення градієнта залежно від його початкового значення і шуму. Збільшення відбувається на етапі побудови сили контурів за рахунок використання різних ізотропних операторів з різними коефіцієнтами. Залежно від вихідного зображення використовується один з операторів Прюітт, Фрея-Чена, Собеля або Щарра.

Спочатку проводиться попереднє виділення кадру кожним із запропонованих ізотропних операторів. На наступному кроці для вибору оптимального оператора пропонується два підходи: розрахунок кількісної оцінки шуму кадра та застосування бінарного медіанного фільтра.

Для кількісної оцінки шуму кадра відеопослідовності застосовуються статистичні показники. Як абсолютна оцінка застосовується середньоквадратичне відхилення реального сигналу, що описує зображення, тобто середньоквадратичне значення шуму Nrms. Воно може бути розраховане за формулою:

$$Nrms = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{k}(B(i) - A(i))^2}{k}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{k}\Delta N^2(i)}{k}}$$

де A і B – значення корисного і реального сигналу, k – кількість дискретних відліків сигналу, ΔN (i) – значення шуму для i-го відліку. Як відносна оцінка застосовується пікове відношення корисного сигналу до шуму PSNR (peak-to-peak signal-to-noise ratio). Дана величина має логарифмічний вигляд і обчислюється за формулою:

$$PSNR = 20log_{10}\left(\frac{A_{max}}{Nrms}\right)$$

де Amax – максимальне значення сигналу, Nrms – середньоквадратичне значення шуму, розраховане за формулою Nrms.

Бінарний медіанний фільтр діє таким чином [7]. Обирається апертура Ω_{ij}, що містить непарне число n елементів.

$$n = \sum_{i=1}^{d}\sum_{j=1}^{c}\Omega_{ij}$$

Після опитування апертури отримуємо $\{x^1, ..., x^n\}$ – послідовність з n чисел. Правило прийняття рішення для медіани полягає в тому, що ми упорядковуємо елементи послідовності $\{x^1, ..., x^n\}$ в порядку зростання і як значення виходу y_{ij} (вихідне зображення) вибираємо «середній по номеру» елемент впорядкованої послідовності $\{x^1, ..., x^n\}$, тобто значення, що стоїть на $\left(\frac{n+1}{2}\right)$ місці в упорядкованому списку значень вхідних пікселів. Для бінарного медіанного фільтра ми отримуємо наступне правило прийняття рішення: y_{ij} = 1, якщо в апертурі Ω_{ij} більше одиниць, ніж нулів; y_{ij} = 0, якщо в апертурі Ω_{ij} більше нулів, ніж одиниць. Отримане зображення порівнюємо з оригіналом, після чого застосовуємо оператора, який дає кращі показники.

Адаптивний алгоритм Кенні можна сформулювати наступним чином. Спочатку відбувається попереднє виділення контурів за рахунок застосування оператора Прюітт, Фрея-Чена, Собеля, Щарра. Для кожного з оброблених кадрів розраховується показник якості (по шуму). Потім відбувається порівняння результатів і вибір оптимального показника. Вибір оптимального показника дозволяє визначити коефіцієнти оператора. На основному етапі адаптивного алгоритму Кенні застосовується оператор, який був обраний на попередньому кроці. Тобто – спочатку проходить фільтрація, потім основне виділення контурів, потім знаходження параметрів градієнта оптимальним оператором, потім згладжування не максимумів, а потім гістерезис (рис. 3).

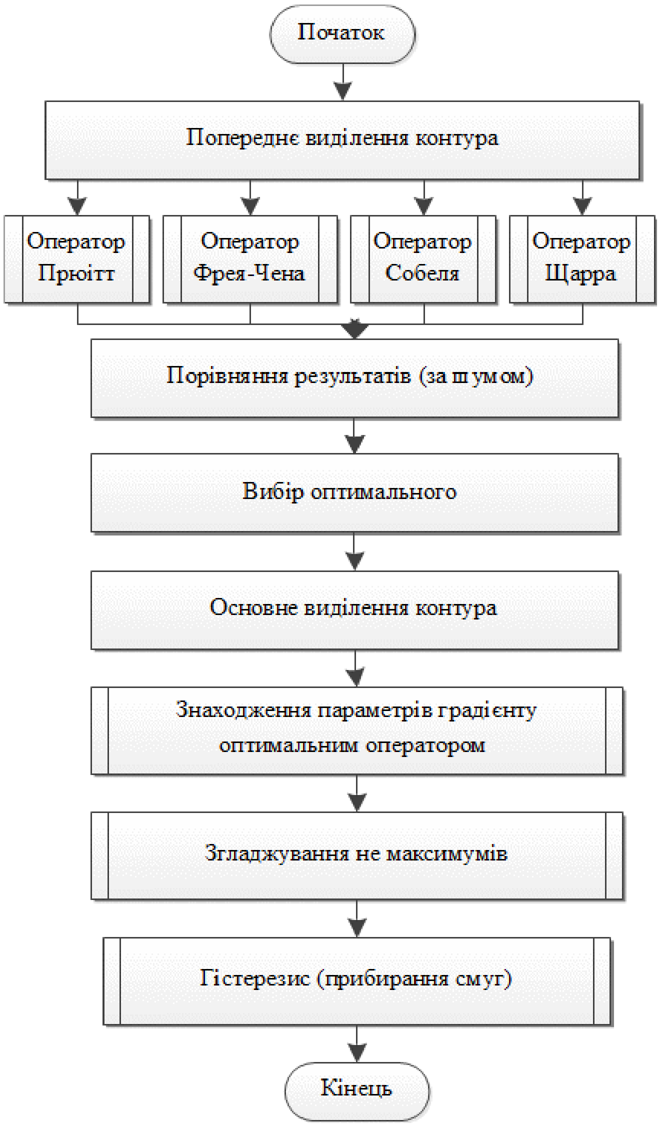


Рис. 3. Блок-схема адаптивного алгоритму Кенні

Висновки

Запропонований підхід дозволяє отримувати більш чіткі контури зображень без розмиття. Застосування адаптивного алгоритму Кенні дозволяє істотно поліпшити якість виділення контурів на зображенні, але призводить до збільшення час роботи алгоритму. В основному це відбувається, у зв'язку з необхідністю чотири рази додатково провести виділення контурів зображення. Авторами планується зменшити час виконання алгоритму в майбутньому за допомогою вживання не диференціальних операторів.

Литература

1. Canny J. A Computational Approach to Edge Detection / J. Canny // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986. – pp. 679-698.
2. Prewitt J.M.S. Object enhancement and extraction / J.M.S. Prewitt, B. Lipkin, A. Rosenfeld // Picture Processing and Psychopictorics. – Academic Press, 1970. – USA. – pp. 75-149.
3. Sobel I. An isotropic 3×3 gradient operator / I. Sobel, H. Freeman // in Machine Vision for Three-

Dimensional Scenes. – Academic Press, 1990. – USA. – pp. 376–379.
4. Park R.-H. A Fourier interpretation of the Frei-Chen edge masks / R.-H. Park // Elsevier, 1990. – vol. 11. – no. 9. – pp. 631-636.
5. Scharr H. An anisotropic diffusion algorithm with optimized rotation invariance / H. Scharr, J. Weickert // In DAGM. – Germany. – 2000. – pp. 460–467.
6. Лапшенков Е.М. Неэталонная оценка уровня шума цифрового изображения на основе гармонического анализа / Е.М. Лапшенков // Компьютерная оптика. – 2012. – Т.36. – №3. – С. 439-447.
7. Прэтт Э. Цифровая обработка изображений. – М.: Мир, 1982. – С. 312.

Literatura

1. Canny J. A Computational Approach to Edge Detection / J. Canny // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986. – pp. 679-698.
2. Prewitt J.M.S. Object enhancement and extraction / J.M.S. Prewitt, B. Lipkin, A. Rosenfeld // Picture Processing and Psychopictorics.– Academic Press, 1970. – USA. – pp. 75-149.
3. Sobel I. An isotropic 3×3 gradient operator / I. Sobel, H. Freeman // in Machine Vision for Three-Dimensional Scenes. – Academic Press, 1990. – USA. – pp. 376–379.
4. Park R.-H. A Fourier interpretation of the Frei-Chen edge masks / R.-H. Park // Elsevier, 1990. – vol. 11. – no. 9. – pp. 631-636.
5. Scharr H. An anisotropic diffusion algorithm with optimized rotation invariance / H. Scharr, J. Weickert // In DAGM. – Germany. – 2000. – pp. 460–467.
6. Lapshenkov E.M. Neetalonnaya otsenka urovnya shuma tsifrovogo izobrazheniya na osnove garmonicheskogo analiza / E.M. Lapshenkov // Kompyuternaya optika. – 2012. – T. 36. – №3. – S. 439-447.
7. Prett E. Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy. – M.: Mir, 1982. – S. 312.

RESUME

E.O. Shevchenko, A.V. Agarkov

Selecting contours of objects in the video stream using the adaptive Canny algorithm

The task of building systems for automatic object recognition in real time now attracts the attention of many researchers. In this direction, they have developed a large number of mathematical and algorithmic methods that make it possible to break this problem into subtasks and solve them separately. In solving some problems of processing images in the role of obstacles, these or other components of the image itself can act. From the point of view of this task, individual details of the image within the shared areas are an obstacle. To remove noise and unnecessary details from the image, as well as highlight the outlines of the object on the image, use different filters. The borders on the picture are areas with sharp jumps in the intensity of the color when changing from one pixel to another. The selection of contours in the image is used to significantly reduce the amount of data during processing, while retaining the basic structural properties of the original image. The task of defining a path is part of the task of detecting and tracking objects in real time. The research and improvement of existing contour methods for selecting objects in the video stream is carried out in the work. A modified algorithm for selecting contours in real time is developed based on the classical Canny algorithm. Canny classic algorithm is topical today and underlies many modern algorithms for outlining contours. The proposed approach makes it possible to obtain clearly discernable contours without blurring. The algorithm has a high resistance to impulse noise. The object of the study are methods and means of identifying objects of interest in real time. The analysis of these methods is carried out, shortcomings are revealed. These results will additionally be used in the development of real-time detection and tracking systems for moving objects.

Надійшла до редакції 23.01.2018